





AÑO 5 NÚM. 29 MARZO DE 2000

BioDIVERSITAS

BOLETÍN BIMESTRAL DE LA COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD

MAR PROFUNDO

Es bien sabido que los océanos cubren casi 71% de la superficie de nuestro planeta, y sin embargo es un hecho poco conocido que estas aguas tienen en promedio casi 3 000 m de profundidad y que 85% de los fondos marinos se encuentran por debajo de los 2 000 m. La superficie de estos abismos es dos veces mayor que la de las partes expuestas en la Tierra.

Se conoce como mar profundo la región marina ubicada a más de 200 m de profundidad; la ausencia de luz es el factor ambiental que determina el límite de esta región al comienzo del talud continental.

Sigue en la pág. 2



Formas de vida en una ventila hidrotermal



Elva Escobar-Briones*

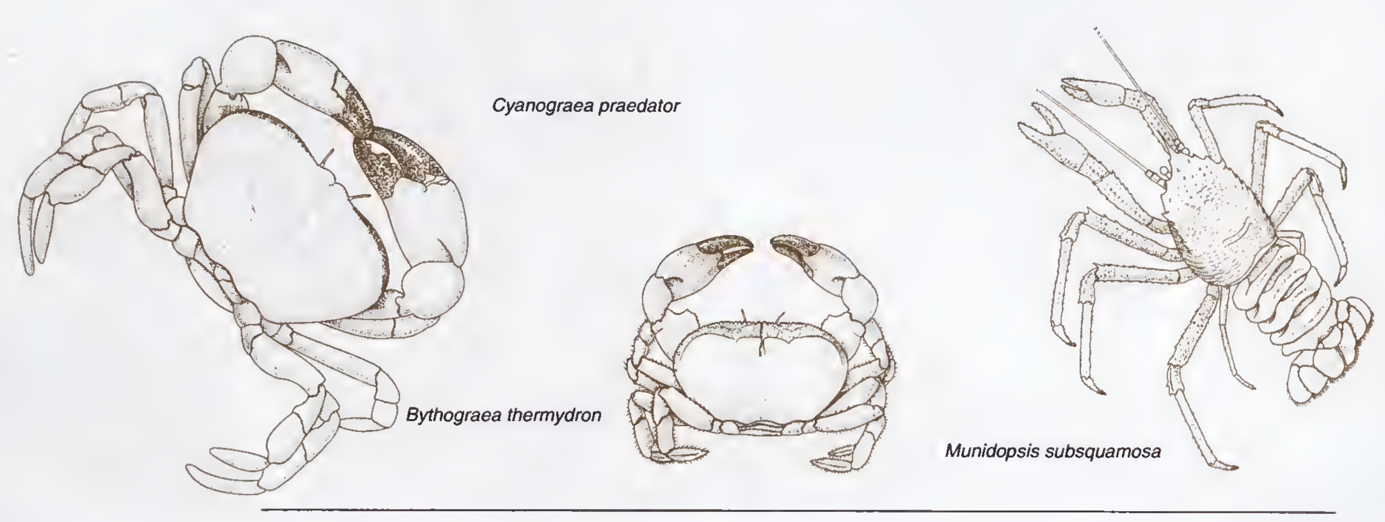
LA BIODIVERSIDAD DEL MAR PROFUNDO EN MÉXICO

Por la ubicación del mar profundo su estudio requiere embarcaciones que funcionan como plataformas oceanográficas desde las cuales los científicos envían sondas, autómatas, cámaras, redes, nucleadores y sumergibles que permiten recuperar registros de los parámetros ambientales y tomar fotografías de las condiciones y de la fauna misma.

La zona económica exclusiva de México se extiende desde la costa hasta los abismos, que en nuestro territorio no exceden los 4 000 m de profundidad. La profundidad máxima en el Golfo de México es de 3 900 m, y se localiza en el sector central occidental de la cuenca conocido como planicie abismal de Sigsbee, que cubre un área de 137 101 km^2, es decir, 24% del Golfo. Como sucede en la región norte del Caribe (en territorio mexicano), en el Golfo de California y en el Pacífico la plataforma continental es estrecha y el talud cae abruptamente hacia la zona abismal, que no excede de 3 000 m. A lo largo de las dorsales emergen un sinnúmero de volcanes sumergidos que conforman una topografía laberíntica y una hidrodinámica particular que promueve, en contraste con el Golfo de México, una producción primaria de organismos elevada, que es exportada a la profundidad. Por consiguiente, por la descomposición de esta materia orgánica y la respiración bacteriana, a partir de los 500 m de profundidad se presentan aguas pobres en oxígeno conocidas como zona de oxígeno mínimo.

Por debajo de los 2 000 m, las aguas son frías, y en México presentan una temperatura promedio de 4°C. A excepción de la zona de mínimo de oxígeno a 500 m, las aguas profundas en México se encuentran bien oxigenadas, ya que se originan del hundimiento de aguas superficiales subpolares en latitudes altas; su rápido descenso y el escaso aprovechamiento en el fondo marino permiten un elevado contenido de oxígeno disuelto. Los fondos están conformados por un sedimento fino que se origina del depósito de material carbonatado procedente de la columna de agua, esqueletos de foraminíferos, cocolitofóridos y conchas de pterópodos en el Golfo de México, de silicatos en el Pacífico y de material arrecifal en el Caribe.

Las comunidades del mar pro-

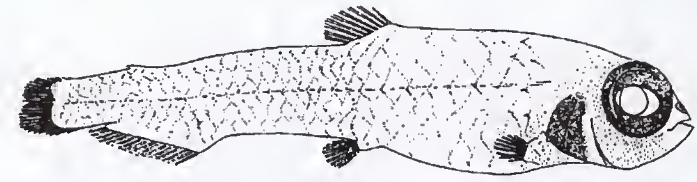


Cyanograea praedator

Bythograea thermydron

Munidopsis subsquamosa

Conocemos más especies del mar profundo del Golfo de México, debido a que el esfuerzo de recolecta ha sido mayor que en el Pacífico y en el Caribe.



Bathylagus euryops

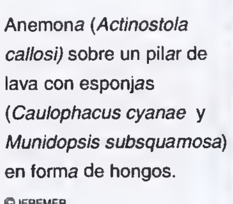
fundo en México dependen energéticamente de las comunidades de la superficie, de materia orgánica originada en la columna de agua y del acarreo de la descarga de los ríos que provee de materia orgánica compuesta de fragmentos de plantas, animales y heces.

Nuestro conocimiento de la diversidad del mar profundo en aguas mexicanas se limita a los escasos estudios existentes al respecto. El número de especies descritas es incipiente. Los registros taxonómicos existentes provienen sobre todo de estudios realizados por extranjeros y sólo durante los pasados tres años por investigadores mexicanos, con los cuales es posible conjuntar algunas listas faunísticas. La diversidad de grandes grupos se centra principalmente en crustáceos, anélidos, poliquetos, equinodermos y moluscos. La región en la que el esfuerzo de recolecta ha sido mayor es el Golfo de México, de donde conocemos 227 especies; del Pacífico y del Caribe es poco lo que sabemos. Los registros para otros grupos como esponjas, cnidarios y peces es reducido. Los peces están subevaluados dada su elevada movilidad y su densidad reducida. Los registros de otros grupos como anémonas, esponjas, medusas y algunos equinodermos de profundidad solamente los tenemos por medio de fotografías, obtenidas con cámaras remotas o sumergibles, dada su fragilidad y dificultad para recolectarlos con los medios convencionales a base de redes y dragas.

Además de los registros de megafauna móvil, algunos investigadores mexicanos han emprendido en los pasados tres años un programa cuyo propósito es estudiar la composición y distribución en el mar profundo de grupos taxonómicos de menor talla, conocidos como meiofauna (entre 42 y 125 μm) y macrofauna (entre 250 y 1 000 μm), que habitan en el sedimento superficial. Los resultados preliminares de este esfuerzo nos permiten saber que hay una riqueza taxonómica mayor, de casi dos veces, en estos grupos.

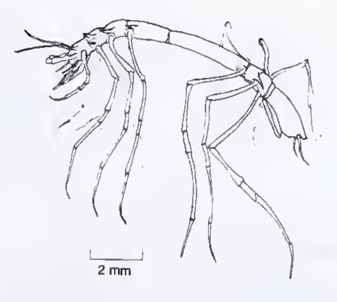
La fauna del mar profundo muestra, como respuesta a las condiciones de profundidad, modificaciones morfológicas, en talla y coloración. Entre las primeras se incluye la pérdida de ojos o la reducción de sus componentes y pigmentos, como resultado del control genético en la formación de melanina y rodopsina. La reducción de talla se relaciona con la respuesta metabólica a escasos recursos energéticos y a las bajas temperaturas. La pérdida de coloración es la respuesta a la ausencia de recursos ali-





Anemona (*Actinostola callosi*) sobre un pilar de lava con esponjas (*Caulophacus cyanae* y *Munidopsis subsquamosa*) en forma de hongos.

© IFREMER



Anomesus bruuni

Debido a la elevada tasa de disolución del carbonato de calcio en el mar profundo, los crustáceos tienen esqueletos muy delgados.



Colossendeis colossea

menticios como sucede con la fauna troglobia, mientras que la coloración rojiza puede por una parte atribuirse a un mecanismo críptico ante la ausencia de luz, así como a adaptaciones a las ocasionales concentraciones bajas de oxígeno comunes sobre el talud.

Otras adaptaciones incluyen la producción de bioluminiscencia en longitudes de onda de 470 a 490 nm como mecanismos de comunicación intraespecífica o de emulación de la luminiscencia emitida por presas potenciales. La reducción de la tasa metabólica es el resultado del estado nutricional. La simbiosis con bacterias en los tractos digestivos de especies de profundidad incrementa la eficiencia ante alimento de bajas propiedades nutricionales. Asociado al mar profundo se ha encontrado un polimorfismo genético en equinodermos y peces de profundidad. La calcificación es limitada a grandes profundidades por la tasa elevada de disolución del carbonato de calcio a temperatura baja y presión elevada. Por consiguiente los crustáceos tienen esqueletos muy delgados y los peces han reemplazado sus estructuras óseas. El Golfo de México es una excepción a esta regla.

El zoólogo estadounidense Alexander Agassiz realizó las primeras recolectas en el Golfo de México y el Mar Caribe hacia finales del siglo XIX. Entre los años 30 y 50 de este siglo, el Bureau of Commercial Fisheries de Estados Unidos inició un inventario de fauna que se continuó con los estudios de la Texas A&M University. Es apenas en el decenio presente cuando se llevan a cabo los primeros estudios por instituciones nacionales.

En el caso del Golfo de California y del Pacífico las recolectas en aguas profundas se han realizado por expediciones norteamericanas en colaboración con instituciones mexicanas. Hace pocos años, Lonsdale y Scott descubrieron sistemas de emanación hidrotermal a 2 500 m de profundidad en la Cuenca de Guaymas, lo que ha dado un nuevo giro al estudio del mar profundo en el ámbito nacional. Otros estudios de relevancia han descrito la colonización de fauna en los volcanes sumergidos en cuyos fondos han encontrado anoxia a más de 500 m.

La diversidad biológica de estas zonas marinas en México está sujeta a amenazas por la actividad antropogénica que, ante la reducción de las pesquerías en la plataforma continental, ha emprendido las de especies de mar profundo, como son los peces *Coryphenoides rupestris*, centollas, camarones y moluscos. La explotación de recursos no renovables como petróleo y gas, o minerales como los nódulos de manganeso conlleva perturbación de los fondos. Otro efecto proviene del incremento sostenido en todo el mundo de la temperatura de los fondos marinos en los pasados 40 años que, aunque casi imperceptible (0.3°C) es significativo para las comunidades y procesos del mar profundo. Asimismo se han hallado diversos contaminantes de procedencia atmosférica en materiales y fauna del mar profundo.

Entre los estudios relacionados con la diversidad del mar profundo en México que tienen una aplicación específica en el corto plazo se incluye la caracterización de bacterias metanogénicas baro y termotolerantes para su uso por la industria petrolera en la extracción de petróleo a temperatura y presión elevadas. El estudio de las enzimas antioxidantes como la coelenterazina, que se utiliza en la industria farmacéutica de antioxidantes para el estrés, dada su potencia superior a la del alfa-tocoferol y el ácido ascórbico. El estudio de macromoléculas en medios tan diluidos como el del mar profundo es útil en la búsqueda de mecanismos inhibitorios de la reproducción o control de especies que atacan los cascos de barcos y los muelles.

Por más de treinta años el hombre ha estudiado el espacio exterior e instalado satélites y telescopios que le permiten observar el firma-

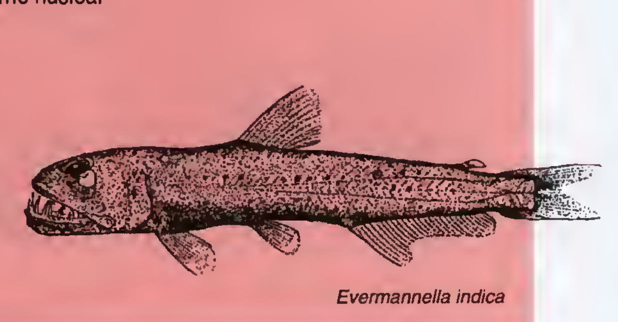
Ventilas hidrotermales e infiltraciones frías



Thaumatichthys axeli

En 1977 un grupo de investigadores estadounidenses descubrió asociaciones distintas, por su composición taxonómica, su talla, su densidad y biomasa, a las encontradas hasta entonces en el abismo. Estos organismos del mar profundo viven de la energía y de los substratos del hidrotermalismo o infiltración de azufre y metano, compuestos que remineralizan microorganismos de vida libre y simbiontes a la fauna. Este proceso, que no depende de la luz solar ni de la producción fotosintética, se conoce como quimiosíntesis y los organismos que basan su proceso de síntesis en estos sustratos se llaman quimioautótrofos. Estos descubrimientos han permitido a los científicos establecer lazos más estrechos con el origen de la vida. La única forma de vida que podría subsistir en el mundo en caso de que hubiera un invierno nuclear sería la basada en la quimiosíntesis, similar a la del mar profundo.

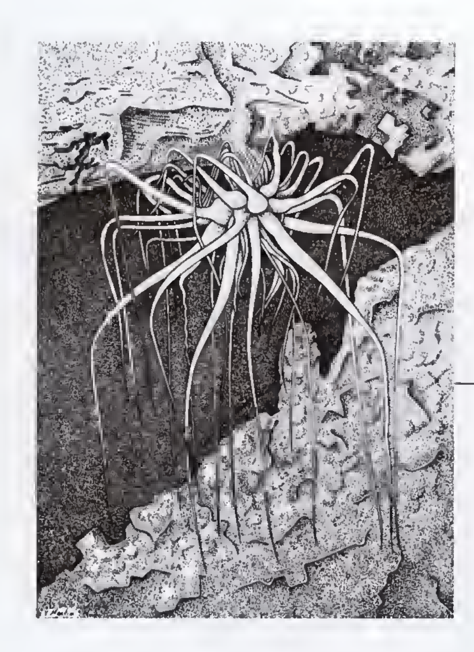
México participa en diversas expediciones que exploran las condiciones y la fauna asociada a estos sistemas. Tal vez la localidad más estudiada desde este punto de vista es la Cuenca de Guaymas, a 2 200 m de profundidad en el Golfo de California; existen otras menos estudiadas como las dorsales del Pacífico oriental. Un número elevado de especies nuevas se ha descubierto en estas localidades; los taxónomos han trabajado en la identificación de estos nuevos grupos y especies desde hace casi 20 años. Se prevé que en la presente década se inicien estudios en infiltraciones de metano y domos salinos en la zona económica exclusiva del Golfo de México.



Evermannella indica

mento, así como la superficie de la Tierra. Un esfuerzo similar en las grandes profundidades del océano mundial permitiría contar con una serie de laboratorios, en lo que podríamos llamar el espacio interior, para estudiar los fenómenos básicos en gran escala. En concordancia con los proyectos globales se ha propuesto iniciar un sistema de registro a largo plazo de la variabilidad natural, sin abandonar el seguimiento de los impactos antropogénicos. Éste debe ir acompañado de un sistema de mediciones a corto plazo.

México participa en diversas expediciones que exploran las condiciones y la fauna asociada a estos sistemas. Tal vez la localidad más estudiada desde este punto de vista es la Cuenca de Guaymas, a 2 200 m de profundidad en el Golfo de California; existen otras menos estudiadas en las dorsales del Pacífico oriental. Un número elevado de especies nuevas se ha encontrado en estas localidades, lo que ha requerido la experiencia de taxónomos que han trabajado en la identificación de estos nuevos grupos y especies desde hace casi 20 años. ¿Qué hará la taxonomía nacional cuando se localicen en la zona económica exclusiva del Golfo de México grandes grupos de fauna asociada a infiltraciones de metano y domos salinos? Estos sistemas se han des-



Son pocos los especialistas que se dedican al estudio de las especies que habitan en el mar profundo.

Una anémona que nunca se ha podido colectar y por ello no se ha descrito, cuyos tentáculos, de un metro de largo, se orientan en el sentido de la corriente.

cubierto sobre el talud continental (a 500 m) en la porción norte del Golfo de México. No se cuenta a la fecha con especialistas en grupos raros, y en todo el mundo los pocos que aún quedan dejarán sus instituciones al cambio del milenio, al retirarse. En un análisis de las colecciones formales en México, solamente dos o tres cuentan con algunos anélidos poliquetos, crustáceos o moluscos de estos sistemas. ¿Cuántas tienen un pogonóforo? ¿Cuántas instituciones conocen la diversidad de las arqueas?

* Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM

Bibliografía

Brooks, J.M., M.C. Kennicutt, C.R. Fisher, S.A. Macko, K. Cole, J.J. Childress, R.R. Bidigare y R.D. Vetter. Deep-sea hydrocarbon seep communities: Evidence for energy and nutritional carbon sources. *Science* 238:1138-1142, 1987.

Escobar, E., M. Signoret y D. Hernández. Variation of the macrobenthic infaunal density in a bathymetric gradient: Western Gulf of Mexico. *Cienc. Mar.* 25(2): 193-212, 1999.

Escobar, E., M. López García, L.A. Soto y M. Signoret. Density and biomass of the meiofauna of the upper continental slope in two regions of the Gulf of Mexico. *Cienc. Mar.* 23(4):463-489, 1997.

Escobar, E. y L.A. Soto. Bentos del mar profundo en México. *In*: S.I. Salazar-Vallejo y N.E. González (eds.), *Biodiversidad marina y costera de México*. CIQRO-CONABIO, México, 1993, 865 pp.

Escobar, E. Diversidad biológica en el mar. *Humanidades* 37:19-24, 1992.

Grassle, J.F. y N.J. Maciolek. Deep-sea species richness: Regional and local diversity estimates from quantitative bottom samples. *Amer. Natur.* 139: 313-341, 1992.

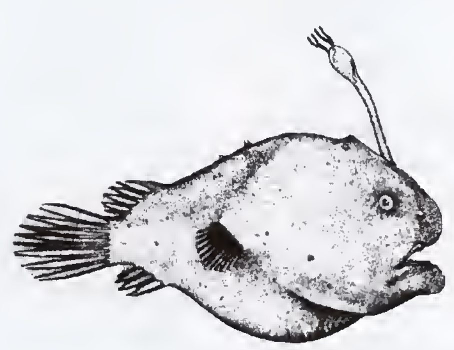
Hecker, B. Fauna from a cold sulfur seep in the Gulf of Mexico: Comparison with hydrothermal vent communities and evolutionary implications. *In*: M.C. Jones (ed.), Hydrothermal vents of the Eastern Pacific. An overview. *Bull. Biol. Soc.* Washington, 6: 465-473, 1985.

Parrilla, G., A. Lavin, H. Bryden, M. García y M. Millard. Rising temperatures in the subtropical North Atlantic Ocean over the past 35 years. *Nature* 369: 48-51, 1994.

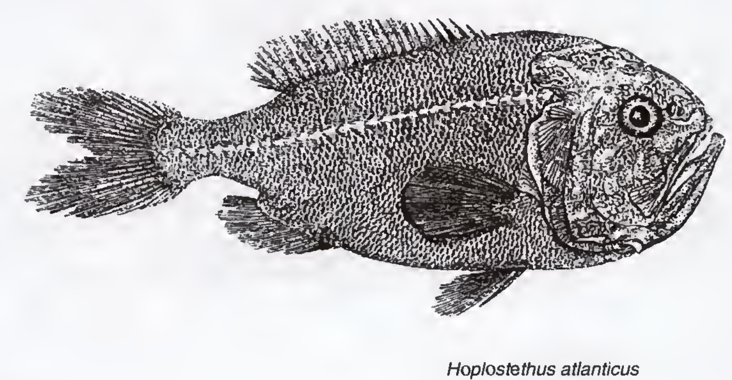
Rex, M.A., C.T. Stuart, R.R. Hessler, J.A. Allen, H.L. Sanders y G.D.F. Wilson. Global scale latitudinal patterns of species diversity in the deep-sea benthos. *Nature* 365: 636-639, 1993.

Thiel, H. y G. Schriever. Deep-sea mining, environmental impact and the DISCOL project. *Ambio* 19: 245-250, 1990.

Takeda, H., J.W. Farrington, M.H. Bothner, C.G. Johnson, y B.W. Tripp. Transport of sludge-derived organic pollutants to deep-sea sediments at Deep Water Dump Site 106. *Environ. Sci. Technol.* 28: 1062-1072, 1994.



Himantolophus spp.



Hoplostethus atlanticus

Eduardo Suárez-Morales*

COPÉPODOS, SERES UBICUOS Y POCO CONOCIDOS



Arctodiaptomus dorsalis

Los copépodos son, por así decirlo, parientes diminutos de los cangrejos, de los camarones y de las langostas. Se les considera —con justicia— los metazoarios más abundantes del planeta, incluso por encima de los insectos y de los nemátodos. Aunque la gran mayoría de estos microcrustáceos son acuáticos, los hay también de hábitos semiterrestres. Existen copépodos desde las cumbres de los Himalayas hasta las grandes profundidades oceánicas, desde las recónditas cuevas anquialinas hasta las reverdecidas paredes de los tinacos de nuestras casas. Son seres verdaderamente ubicuos y tienen una diversidad de formas sorprendente.

De las cerca de 12 000 especies de copépodos conocidas, unas 7 500 son de vida libre —la cifra incluye formas marinas y de agua dulce—, y de ellas se reconocen más de 1 200 como propias de aguas continentales. No es posible abarcar aquí con propiedad y con la atención que se merece la relevancia y el conocimiento de este grupo en todos los ambientes, por ello esta contribución se limita a comentar acerca de los copépodos de aguas continentales y su estado de conocimiento en México.

Como grupo, los copépodos de agua dulce pueden conformar porcentajes relevantes de la biomasa zooplánctica y litoral. Ciertos copépodos limnéticos pueden encontrarse formando agregaciones con densidades superiores a los 11 000 individuos por litro. Ecológicamente, los copépodos representan el nivel de los consumidores primarios y las formas depredadoras forman parte de los consumidores secundarios. Desde el punto de vista humano, su cultivo permite tener una excelente fuente de alimentación para la producción piscícola y ha demostrado un potencial interesante en la industria del quitosan, por su producción de quitina de buena calidad.

Aunque son cuatro los órdenes de copépodos de vida libre representados en aguas continentales (Calanoida, Cyclopoida, Harpacticoida y el recientemente descrito Gelyelloida, propio de agua intersticiales profundas), en el plancton de la mayor parte de los lagos templados y tropicales la fauna de copépodos no es tan diversa como en el mar.

Los copépodos se adaptan para sobrevivir en los distintos ambientes. Aunque en general muchas especies tienen intervalos estrechos de tolerancia a variaciones de los factores ambientales, los ambientes extremos no suelen ser un problema para los copépodos de aguas continentales. Varias especies dulceacuícolas se han adaptado para habitar en los lagos salinos; las aguas cársticas subterráneas de Europa contienen una diversa fauna de copépodos, al igual que otros ambientes como los suelos orgánicos, la hojarasca, las bromelias en bosques tropicales, y los nidos de

Los copépodos y el control biológico

Un aspecto de gran actualidad relativo a la ecología de los copépodos de vida libre en aguas continentales es su notable capacidad para depredar a numerosas larvas de mosquito en un breve lapso (Marten *et al.*, 1994). En diversas zonas tropicales se ha experimentado con copépodos que tienen esta capacidad depredadora con el propósito de disminuir las poblaciones de mosquitos vectores de enfermedades. Las especies de copépodos más adecuadas para estos propósitos son aquellas cuya talla, características conductuales y morfología mandibular les confiere una mayor capacidad depredadora. Entre estas formas destacan especies de *Acanthocyclops, Diacyclops, Megacyclops* y de *Mesocyclops* (*M. edax, M. longisetus, M. ruttneri*) y *Macrocyclops*. Así, en zonas palúdicas los mosquitos transmisores podrían ser atacados biológicamente introduciendo o cultivando estos copépodos en los hábitats de crianza de los anofelinos. En México los intentos por realizar este tipo de control ya comenzaron, pero en ciertas regiones están limitados por el escaso conocimiento que se tiene de la fauna local. Por ejemplo, en el sureste de México, donde existe la mayor parte de las especies de *Mesocyclops* reconocidas en el país, y donde la incidencia de enfermedades transmitidas por mosquitos es elevada, el hallazgo de nuevas especies implica también la interrogante acerca de sus capacidades potenciales como depredador de larvas. También es necesario —y urgente— resolver la taxonomía de estas especies mediante análisis detallados, pues se ha encontrado que muchos de los registros regionales de este y otros géneros son erróneos.

El harpacticoide edafícola *Phyllognathopus viguieri* es depredador de nemátodos fitoparásitos: en una hora, 130 copépodos habían consumido 900 individuos de *Meloidogyne incognita*. Igualmente, se encontró que *Paracyclops affinis* ataca eficientemente a los nemátodos parásitos. Es evidente que estos aspectos relativamente poco conocidos, que involucran la utilización potencial de los copépodos como elementos de control biológico en distintos ámbitos, justifican completamente los esfuerzos dedicados al estudio de su taxonomía, biología y ecología.



Leptodiaptomus cuauhtemoci

hormigas. Un ambiente que pocos copépodos han podido conquistar es el de las corrientes superficiales rápidas; sin embargo, son comunes en los fondos de arroyos y ríos.

Los copépodos de agua dulce son, en fin, un grupo con características ecológicas muy interesantes; su importancia es incuestionable y ello contrasta con el escaso conocimiento que aún se tiene sobre el grupo principalmente en zonas tropicales. En México, varios estados del país no cuentan ni siquiera con un solo registro faunístico de copépodos. Además, y de manera similar a lo que ocurre con otros grupos, los registros se concentran en los estados donde viven los especialistas (Suárez-Morales *et al.*, en prensa) y a lo largo de los trazos de las principales carreteras. Sin duda, un factor asociado con el magro conocimiento regional de este grupo es la dificultad que representa su estudio taxonómico, que requiere el manejo y disección completa de animales de 0.3 a 2 mm de longitud, adicionado esto a una serie de complicaciones taxonómicas que ciertamente pueden desanimar rápidamente a quien intenta abordar por vez primera su estudio.

Actualmente se conocen unas 80 especies de copépodos de aguas continentales en México; este número está creciendo continuamente

Aunque los copépodos no son considerados —por ahora— una prioridad para la conservación, en la edición de 1996 de la Red List de la IUCN se incluyeron 37 especies de diaptómidos que habitan en ambientes frágiles.

y se están describiendo especies nuevas debido a las investigaciones taxonómicas realizadas básicamente en El Colegio de la Frontera Sur, en colaboración con especialistas de otras instituciones. Algunos de los más notables esfuerzos para el conocimiento de este grupo en México han sido apoyados por la CONABIO (Suárez-Morales *et al.*, 1996).

Cada uno de los tres órdenes (Calanoida, Cyclopoida, Harpacticoida) representados en las aguas continentales de México tiene su propio marco biogeográfico y ecológico. Por ejemplo, los Calanoida, representados en todo el mundo por la muy diversa familia Diaptomidae, tienden a mostrar un alto grado de endemismo. En México se conocen varias especies de diaptómidos consideradas como endémicas, por ejemplo: *Mastigodiaptomus reidae* y *M. maya*, sólo encontradas en cuerpos de agua efemerales de Campeche; *Leptodiaptomus dodsoni*, exclusiva de la laguna de Chapala; *L. mexicanus*, sólo recolectado en "charcos" en los alrededores de la Ciudad de México, y *Microdiaptomus cokeri*, el único calanoide verdaderamente troglobio en América, propio de cuevas en San Luis Potosí y que fue recientemente redescrito y designado como tipo de la nueva subfamilia Microdiaptominae. En cambio, dos especies de Diaptomidae se han encontrado con una distribución muy amplia en nuestro país (*Mastigodiaptomus albuquerquensis* y *Arctodiaptomus dorsalis*). Debido a que en México muchas especies fueron descritas con estándares bajos, existen en este grupo varios problemas de tipo taxonómico que deben ser resueltos mediante análisis de material tipo para aclarar la identidad de ciertas especies y poder discriminar varios registros dudosos. De hecho, el uso de la microscopía electrónica de barrido se está convirtiendo en un método estándar para el estudio de los copépodos mexicanos.

Los patrones de distribución que muestran los Diaptomidae contienen información muy relevante para visualizar las relaciones faunísticas entre los subcontinentes. La fauna mexicana muestra una fuerte influencia neártica, representada por la distribución actual de varios géneros (*Leptodiaptomus*, *Skistodiaptomus*) distribuidos en el norte y centro del país; las formas neotropicales, como *Mastigodiaptomus*, predominan en el sureste y se han propagado hacia el norte. Existe una influencia muy débil de la muy diversa fauna sudamericana, de la que se han reconocido formas cuya distribución avanza al norte, pero es muy distinta e independiente de la de Norte América. México es una zona de mezcla de estas dos regiones biogeográficas, y aunque esto y su importancia se ha reconocido reiteradamente para grupos de flora y fauna silvestres, no se había podido reconocer en el caso de los copépodos. Actualmente hay una gran asimetría entre el número de especies registradas en Norteamérica (68) y América del Sur (94) con respecto a las menos de 30 registradas en México, América Central y las islas del Caribe. Se espera que la lista de diaptómidos de México crezca en los próximos años.

Aunque los copépodos no son considerados —por ahora— una prioridad para la conservación, en la edición de 1996 de la *Red List* de la IUCN se incluyeron 37 especies de diaptómidos que habitan en ambientes frágiles. Como participante del grupo de expertos IUCN para crustáceos de aguas continentales, tendré la oportunidad de proponer la inclusión de varias especies mexicanas que están en condiciones similares.

Los Cyclopidae tienen ámbitos de distribución más amplios que los Diaptomidae y su grado de endemismo es menor. Durante mucho tiempo se sostuvo que la mayoría de los cyclópidos eran cosmopolitas; ello motivó que muchos de los primeros registros en México fueran de especies europeas, ocasionando una confusión que siguió sin corregirse durante varias décadas. La literatura



Arctopdiaptomus dorsalis

nacional está plagada de registros imposibles o dudosos. Nueva evidencia ha surgido y se reconoce ahora que son sólo algunas especies de este grupo las que podrían calificarse justamente como cosmopolitas. En las zonas neotropicales existe una amplia variedad de especies de Cyclopoida y su riqueza apenas se está descubriendo; se han reconocido varias especies endémicas en la Península de Yucatán.

Debido a su capacidad para sobrevivir en condiciones adversas mediante formas de resistencia, entre los Cyclopoida hay muchos ejemplos de introducciones accidentales de especies exóticas por la actividad acuicultural o por las aguas de lastre. Hasta hace poco, en México no se conocían casos de introducciones de especies de copépodos de vida libre. Sin embargo, se ha documentado el caso de *Thermocyclops crassus*, una especie asiática, que fue encontrada en Tabasco, posiblemente asociada a la actividad acuicultural. Es posible que haya más casos de introducciones en México o que estas especies tengan una distribución mucho más amplia de la reconocida, ya que las introducidas son normalmente formas con gran capacidad competitiva y una tolerancia notable a cambios ambientales. Seguramente varias de estas especies exóticas han pasado inadvertidas por años debido a la falta de taxónomos preparados. La taxonomía de los copépodos de aguas continentales se ha hecho muy compleja, particularmente en géneros no bien definidos y con relaciones aún oscuras como lo son *Acanthocyclops* y *Diacyclops*. Ello hace que el reconocimiento de las especies sea un proceso que puede llevar fácilmente a resultados engañosos. En el caso de las especies introducidas, baste mencionar que la principal diferencia entre una de las especies más comunes de *Mesocyclops* en América y la especie afro-asiática *M. ogunnus* es la disposición de una hilera de espinas en uno de los apéndices bucales, un carácter que no se usa normalmente para identificar las especies de la región.

Los harpacticoides de aguas continentales representan un grupo muy poco conocido en México, el número de especies es aún bajo (17) si tomamos en cuenta que son muy diversos en los ambientes creviculares, epibénticos y bénticos. Si la taxonomía de los Cyclopoida de aguas dulces es compleja, la de Harpacticoida es verdaderamente un reto para el copepodólogo; incluso los nombres de algunos harpacticoides hacen honor a esta complicación y un buen ejemplo de esto lo es el epíteto aglutinado *Parapseudoleptomesochra*, un género con sólo dos especies en México. Otro factor que los ha convertido en "poco estudiados" es que también son "poco recolectados". Esto se debe, en gran parte, a que la mayor parte de los estudios limnológicos en México han privilegiado el estudio de las zonas limnéticas bajo el rubro de "zooplancton" que se obtiene arrastrando redes por el centro de los lagos; las muestras resultantes son, casi invariablemente, un frasco con unos cuantos zoopláncteres maltrechos y desorientados. Las zonas litorales, los ambientes creviculares y la vegetación perimetral deben ser tomados muy en cuenta para realizar prospecciones o estudios limnobiológicos y faunísticos; contienen una riqueza hasta ahora tan sólo intuída no sólo de copépodos, sino de otros grupos faunísticos como rotíferos y cladóceros.

En 1990 sólo había dos copepodólogos mexicanos registrados por la World Association of Copepodologists. En la más reciente reunión de esta sociedad científica, el número de miembros mexicanos de la WAC llegó a nueve y a ellos podemos añadir unos cuatro más que no están asociados. Aunque el total fuese tres veces mayor, seguiría siendo válida la afirmación: en México hay muchos copépodos y muy pocos copepodólogos para estudiarlos.

* El Colegio de la Frontera Sur ECOSUR. Unidad Chetumal

Los copépodos y el hombre

Otro aspecto interesante de los copépodos dulceacuícolas es el hecho de que muchos de ellos están involucrados en los ciclos de vida de diversos parásitos de animales superiores, incluyendo al hombre. Así, ciertas especies de copépodos funcionan como hospederos intermediarios de platelmintos y nemátodos que parasitan peces, anfibios, aves y mamíferos. Algunas especies de Cyclopoida y Calanoida pueden transmitir parásitos al hombre. En África, Asia del Sur, el Caribe y Brasil, algunos cyclopoides, de géneros como *Thermocyclops* y *Mesocyclops*, son considerados como factor de gran relevancia en el proceso de transmisión del nemátodo parásito del hombre *Dracunculus medinensis* (el gusano de Guinea), conocido desde tiempos bíblicos. Al beber el agua con copépodos infestados con la larva del gusano, éste madura dentro del hombre y causa daños graves o muerte. Algo similar ocurre cuando un pez ingiere copépodos infestados con larvas del céstodo *Diphyllobothrium latum*, que se depositan en los tejidos del pez y finalmente pasan al hombre al consumir pescado crudo. Los copépodos parásitos causan severos problemas a la acuacultura, donde la mayor concentración de peces en una área determinada facilita la búsqueda de hospedero en las etapas librenadadoras de estos copépodos. Sin embargo, no representan una amenaza considerable para la pesquería abierta en lagos. Destacan por su frecuencia los géneros *Ergasilus*, *Lemaeopoda*, *Salmincola* y *Achtheres*.

Bibliografía

Dussart, B.H. y D. Defaye. Introduction to the Copepoda. *In* H.J.F. Dumont (ed.), *Guides to the identification of the macroinvertebrates of the continental waters of the world*. 7. SPB, Academic Publishing, Amsterdam, 1995, 277 pp.

Elías-Gutiérrez, M. y E. Suárez-Morales. Redescription of *Microdiaptomus cokeri* (Crustacea: Copepoda: Diaptomidae) from caves in Central Mexico, with the description of a new diaptomid subfamily. *Proc. Biol. Soc. Wash.* 111(1): 199-208, 1998.

Elías-Gutiérrez, E., E. Suárez-Morales y B. Romano-Márquez. A new species of *Leptodiaptomus* (Copepoda, Diaptomidae) from Northwestern Mexico with comments on the distribution of the genus. *J. Plankton Res.* 21(4): 603-614.

Fiers, F., J.W. Reid, T.M. Iliffe y E. Suárez-Morales. New hypogean cyclopoid copepods (Crustacea) from the Yucatán Peninsula, Mexico. *Contr. Zool.* 66: 65-102, 1999.

Marten, G.G., E.S. Bordes y M. Nguyen. Use of cyclopoid copepods for mosquito control. *Hydrobiology* 292/293: 491-496, 1994.

Reid, J.W. Some usually overlooked cryptic copepod habitats. *Syllogeus*, 58: 594-598, 1986.

Reid, J.W. Continental and coastal free-living Copepoda (Crustacea) of Mexico, Central America and the Caribbean region. *In* D. Navarro y J.G. Robinson (eds.), *Diversidad biológica en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México.* CIQRO/Univ. of Florida, 1990.

Reid, J.W. y R.M. Pinto-Coelho, An Afro-Asian continental copepod, *Mesocyclops ogunnus*, found in Brazil; with a new key to the species of Mesocyclops in South America and a review of intercontinental introductions of copepods. *Limnologica*, 24(4): 359-368, 1994.

Reid, J.W. y E. Suárez-Morales. A new, neotropical species of *Acanthocyclops* (Copepoda: Cyclopoida: Cyclopidae). *Beaufortia* 49: 37-44, 1999.

Rocha, C.F., T.M.Iliffe, J.W. Reid y E. Suárez-Morales. A new species of *Halicyclops* (Copepoda: Cyclopoida) from cenotes of the Yucatán peninsula, Mexico, with an identification key for the species of the genus from the Caribbean region and adjacent areas. *Sarsia* 83(5): 387-399, 1998.

Suárez-Morales, E. y J.W. Reid. An updated list of the free-living freshwater copepods (Crustacea) of Mexico. *Southwest. Nat.* 43(2): 256-265, 1998.

Suárez-Morales, E. y M. Elías-Gutiérrez. Two new *Mastigodiaptomus* (Copepoda, Diaptomidae) from Southeastern Mexico, with a key for the identification of the known species of the genus. *J. Nat. Hist.* 33: (en prensa), 1999.

Suárez-Morales, E., J.W. Reid, T.M. Iliffe y F. Fiers. *Catálogo de los copépodos (Crustacea) continentales de la península de Yucatán, México.* CONABIO/ECOSUR, México, 1996, 273 pp.

Suárez-Morales, E., J.W. Reid y R. Gasca. Free-living marine and freshwater Copepoda (Crustacea) from Mexico. *In* A.N. García-Aldrete y J. Llorente-Bousquets (eds.), *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México.* II. CONABIO/Instituto de Biología, UNAM, México, 1999.



José G. Palacios-Vargas*

LOS COLÉMBOLOS EN LOS ECOSISTEMAS MEXICANOS



Megalothorax minimus

CUANDO ESTAMOS en un jardín y levantamos alguna piedra o maceta, generalmente podemos observar diminutos organismos de color gris, blanco o azul que brincan en la tierra. Se trata de los colémbolos, considerados entre los más numerosos de los artrópodos terrestres.

Los colémbolos son similares a los insectos, pero no tienen alas y miden entre 250 μm y 10 mm de longitud. Sus características más distintivas son la presencia de un órgano saltador, o fúrcula, y un tubo ventral, o colóforo.

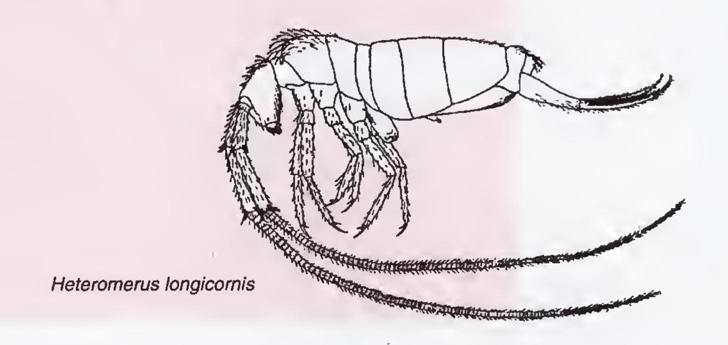
La mayoría de los colémbolos se alimenta de hifas de hongos o de material vegetal en descomposición. También existen algunas especies carnívoras que se alimentan de nemátodos, rotíferos y de otros colémbolos. Por su tipo de alimentación desempeñan un papel muy importante en la descomposición de la materia orgánica, además de que controlan las poblaciones de bacterias y hongos. Algunos estudios sugieren que los colémbolos del suelo son relevantes para estimular o suprimir la simbiosis microbiana en las raíces de las plantas. Pocas especies son depredadoras (*Proisotoma grandiceps*, *Friesea* spp.) y algunas son plagas de cultivos (alfalfa, hongos, tomate y caña de azúcar), situación que generalmente es propiciada por su introducción accidental debida a actividades humanas.

Se conocen alrededor de 7 000 especies en el mundo y su distribución geográfica es muy amplia, así como su capacidad de ocupar diversos hábitats; sin embargo, en algunos géneros y sus representantes se observa un notable endemismo. Los colémbolos en conjunto son cosmopolitas, se les puede encontrar desde el nivel del mar hasta grandes altitudes. Muchas especies habitan en el suelo, siendo capaces de penetrar hasta 1.5 m de profundidad, no pocas viven en el dosel de las selvas tropicales y algunas actúan como dispersoras de esporas dentro de los troncos en descomposición. Es frecuente encontrarlos también en la hojarasca, corteza de árboles, hongos, nidos de insectos sociales, de aves y mamíferos, así como en epífitas y en cuevas.

Los colémbolos son extremadamente abundantes en el suelo y en la hojarasca, siendo uno de los grupos de hexápodos terrestres mejor representados en el mundo. A pesar de su abundancia, la aportación de los Collembola a la biomasa animal total del suelo es baja debido a su pequeño tamaño. En ecosistemas templados es de 1 a 5%, en zonas árticas de cerca de 10% y mucho más de 33% en ecosistemas en estados tempranos de sucesión. No obstante, los colémbolos son muy importantes por su influencia sobre la estructura de algunos suelos. La mayoría de los suelos contienen millones de heces de colémbolos que pueden ser benéficas al retar-

El hábitat de los colémbolos

Los colémbolos son particularmente abundantes en hábitats terrestres. Muchas especies pasan toda su vida en el suelo. Considerando su afinidad por el suelo, es posible reconocer tres tipos de colémbolos: euedáficos, que son habitantes permanentes del suelo, hemiedáficos, que pueden ser encontrados en las capas medias del suelo y la hojarasca, y epiedáficos, que viven en la superficie o sobre la vegetación, incluso en el dosel de la selva.



Heteromerus longicornis

dar la liberación de nutrientes esenciales a las raíces de las plantas, así como servir de sustrato para gran cantidad de microorganismos. Por otra parte, los colémbolos son presa de muchos insectos, en particular de hormigas y escarabajos, así como de numerosos ácaros depredadores, lo que les confiere gran importancia como elemento fundamental en las cadenas tróficas.

Estos animales han estado en la Tierra desde hace más de 400 millones de años. Durante este tiempo han logrado ocupar una gran variedad de hábitats. Existe una gran cantidad de nichos ecológicos donde se han registrado los colémbolos en México, y algunas especies tienen la capacidad de vivir en varios de ellos. Por ejemplo: *Folsomia candida*, *Folsomina onychiurina*, *Isotoma viridis* e *Isotomiella minor*, son colémbolos que viven principalmente asociados al suelo, en cuevas y troncos en descomposición. Sin embargo, hay también muchas especies que presentan una distribución ecológica muy restringida.

Entre las razones de su éxito están su pequeño tamaño, el cual les permite ocupar pequeños huecos entre las partículas de suelo, vegetación muerta y otros espacios reducidos, así como su adaptabilidad fisiológica y etológica. Tradicionalmente se consideraba que los colémbolos no podían vivir en ambientes secos. Sin embargo, este punto de vista ha cambiado, ya que hay colémbolos en desiertos, en las regiones más frías y las más secas de la Tierra, en la superficie de cuerpos de agua y en las partes más altas de los árboles. Los únicos ambientes que poco han podido colonizar son las aguas profundas y el mar abierto.

El ambiente acuático también es muy frecuentado por los colémbolos; un total de 33 especies han sido encontradas ya sea en agua dulce o en ambiente litoral marino. Estos representan 6% del total de la fauna que se conoce del país. Entre ellos se distinguen 19 especies que viven en los ambientes litorales, ya sean rocas o arena, y que representan 61% de la fauna acuática de colémbolos mexicanos. Dentro de las especies de agua dulce el mejor ejemplo es *Podura aquatica*; sin embargo, hay otras especies vinculadas a este ambiente, como *Ballistura schoetti* que se ha encontrado en canales de Xochimilco y de Mixquic en el Distrito Federal, y que parece tener un estilo de vida semiacuático. Lo mismo ocurre con varias *Sminthurides*, muchas de ellas aún no descritas, que tienen una fúrcula adaptada para saltar en el agua ya que en el ápice de ésta, el mucrón está ensanchado como una cola de castor. También tienen las patas adaptadas para caminar sobre la superficie del agua. Otras especies que han sido citadas del agua dulce no están más que de manera secundaria en este medio,



© Silvia Espinoza

El suelo y la hojarasca son los ambientes, por excelencia, de los colémbolos.

como el caso de *Xenylla humicola*, ya que dada la composición de su cutícula, la mayoría de los colémbolos pueden flotar en la superficie de los líquidos, al menos por un corto tiempo.

Los litorales marinos y los hábitats con corrientes saladas son medios hostiles, donde los colémbolos pueden estar expuestos a un estrés osmótico considerable; sin embargo, hay especies que son capaces de habitar estos medios. Es notorio que también se encontró una especie de *Sminthurides* en las playas de Quintana Roo y en los cenotes del mismo estado, cuya agua es salobre.

Otro hábitat con condiciones favorables para los Collembola son la cuevas, en donde frecuentemente presentan adaptaciones morfológicas, incluyendo el alargamiento de los apéndices y el aumento del tamaño, la reducción en la pigmentación y la pérdida de los ojos. También presentan adaptaciones fisiológicas para habitar en este medio. Del total de 550 especies que se conocen del país, 122 han sido citadas de ambientes cavernícolas, lo que representa más de 20%; sin embargo, varias están más vinculadas al suelo y los detritos que ingresan a las cuevas, como es el caso de las especies de *Ceratophysella* y *Xenylla*.

Las epífitas y el dosel de la selva también albergan numerosas especies; sin embargo, la morfología de éstas es muy diferente entre los grupos. En estos ambientes se han encontrado 30 especies que representan 6% de las conocidas del país, pero se debe señalar que este es el ambiente menos estudiado por el momento, y que falta mucho por describir. Las poblaciones de algunas especies de este ambiente, como por ejemplo *Salina banksi*, pueden estar formadas por millones de ejemplares que viven sobre los árboles.

Al observar la curva de acumulación de especies de Collembola en el mundo, podemos ver que todavía falta mucho por estudiar. En México se conocen 550 especies (8% del total de colémbolos del mundo), pero se piensa que este número podría ascender hasta las 1 000 especies. Sin embargo, si se considera que algunos autores han propuesto que hasta el momento se conoce sólo 13% de la fauna de insectos existentes, al extrapolar el número de especies citadas de colémbolos para México, se puede pensar que la diversidad de colémbolos en el país podría alcanzar las 5 000 especies.

* Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, UNAM

Bibliografía

Bonet, F. y C. Téllez. Un nuevo género de esmintúridos (Collembola). *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 8(1-4): 193-203, 1948.

Cassagnau, P. y J.G. Palacios V. Contribution à l'étude des collemboles Neanurinae d'Amérique Latin. *Trav. Lab. Ecobiol. Arthropodes Édaph., Tolouse* 4(1): 1-16 + 7 lám., 1983.

Christiansen, K.A. y P. Bellinger. *The Collembola of North America north of the Rio Grande, a taxonomic analysis.* Grinnell College, Iowa, 1980-1981, 1322 pp.

Christiansen, K.A. y P. Bellinger. Marine littoral Collembola of North and Central America. *Bull. Mar. Sci.* 42(2): 215-245, 1988.

Christiansen, K.A. y J.R. Redell. The cave Collembola of Mexico. *Texas Mem. Mus. Speleol. Monogr.* 1:127-164, 1986.

Hoffmann, A., J.G. Palacios Vargas y J.B. Morales Malacara. *Manual de bioespeleología (con nuevas aportaciones de Morelos y Guerrero, Méx.).* UNAM, México, 1986, 274 pp.

Janssens, F. 1999. Web page: http://www.geocities.com/CapeCanaveral/Lab./1300.

Mari-Mutt, J.A. y P.F. Bellinger. *A Catalog of Neotropical Collembola, Including Neartic Areas of Mexico.* Flora & Fauna Handbook No. 5. Sandhill Crane Press, Gainesville, Florida, 1990, 237 pp.

Najt, J. y J.G. Palacios Vargas. Nuevos Brachystomellinae de México (Collembola: Neanuridae). *Nouv. Rev. Ent.* 3: 457-471, 1986.

Palacios Vargas, J.G. Catálogo de los colémbolos mexicanos. *An. Esc. Nac. Cienc. Biol. Méx.*, 65: 3-35, 1983a.

Palacios Vargas, J.G. Collemboles cavernicoles du Mexique. *Pedobiologia* 25(5): 349-355, 1983b.

Palacios Vargas, J.G. *Catálogo de los Collembola de México*. Facultad de Ciencias, UNAM, México, 1997, 102 pp. +10 láms.

Palacios Vargas J.G. y M.L. Castillo. Sucesión ecológica de microartrópodos dentro de troncos en descomposición. *Bol. Soc. Mex. Entomol.* 11: 23-30, 1992.

Palacios Vargas, J.G. y V. González. Two new species of *Deuterosminthurus* (Bourletiellidae) from the Neotropical Region with a key for the species of America. *Florida Entomol.* 78(2): 286-294, 1995.

Palacios Vargas, J.G. y M.M. Vázquez. A new subgenus of *Bourletiellidae* (Collembola) from Quintana Roo, Mexico. *Florida Entomol.* 80(2): 285-288, 1997.

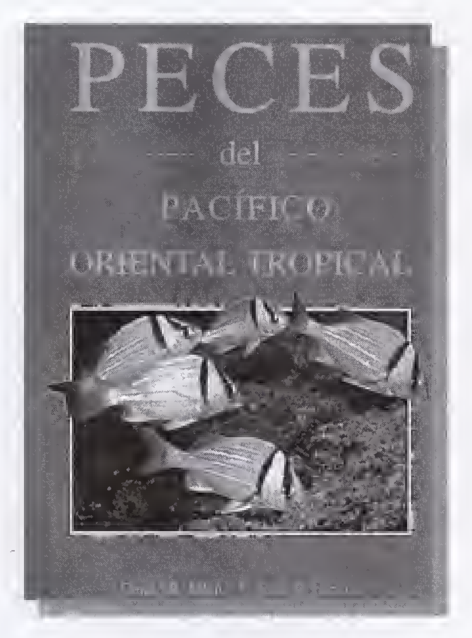
Palacios Vargas, J.G. y D. Zeppelini. Seven new *Arrhopalites* (Hexapoda: Collembola) from Brazilian and Mexican caves. *Folia Entomol. Mex.* 93: 21-37, 1995.

Palacios Vargas, J.G., M. Ojeda y K. Christiansen. Taxonomía y biogeografía de *Troglopedetes* (Collembola: Paronellidae) en América, con énfasis en las especies cavernícolas. *Folia Entomol. Mex.* 65: 3-35, 1985.

Palacios Vargas, J.G., G. Castaño Meneses y J.A. Gómez Anaya. Collembola from the canopy of a Mexican tropical deciduous forest. *Pan-Pacific Entomologist* 74: 46-53, 1998.

Vázquez, M.M. y J.G. Palacios Vargas. Nuevos registros y aspectos biogeográficos de los colémbolos de la Sierra de la Laguna, B.C.S., México. *Folia Entomol. Mex.* 78: 5-22, 1990.

PECES DEL PACÍFICO ORIENTAL TROPICAL



Con el apoyo de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), la Agrupación Sierra Madre y la empresa privada CEMEX, en 1998 se publicó en México, la obra "*Peces del Pacífico oriental tropical*" de los autores Gerald R. Allen y D. Ross Robertson, traducida al español por Myrna I. López. Esta obra constituye una útil guía para la identificación de los peces comunes costeros y de especies pelágicas de interés para pescadores deportivos y comerciales.

El volumen de 327 páginas con fotos a color e ilustraciones en blanco y negro, incluye las familias de peces que habitan desde la parte central del Golfo de California hasta el Ecuador, incluyendo las islas oceánicas de Revillagigedo, Cocos y Galápagos. La guía presta especial atención a las especies de arrecifes costeros y de ambientes adyacentes de fondos de arena, piedras y vegetación, así como a familias de peces pelágicos de interés comercial o deportivo, como por ejemplo, atunes, macarelas, peces vela y merlines.

En el prefacio, Patricio Robles Gil, de la Agrupación Sierra Madre, expresa: "Hace varios meses recibimos de Crawford House, editorial australiana, la propuesta para la traducción al español del libro Peces del Pacífico oriental tropical. Dos cosas nos sorprendieron: que esta obra fuera la primera recopilación de la gran variedad de peces de esta región y que fuera precisamente en Australia donde se hubiera publicado. Consideramos que la obra conjunta un gran esfuerzo de investigadores, fotógrafos, ilustradores y editores, y representa una importante contribución al conocimiento de la riqueza marina del Pacífico oriental tropical".

Y refiriéndose a la comunidad de esfuerzos para publicar la obra en español, Robles Gil asegura: "*Peces del Pacífico oriental tropical* constituye un ejemplo de unión y de compromiso. Queda, sin embargo, la necesidad de continuar con la tarea que nos lleve al conocimiento y conservación de un patrimonio sin fronteras".



THE INTERNATIONAL CENTER FOR GENETIC ENGINEERING AND BIOTECHNOLOGY, TRIESTE, ITALIA

Workshop: Science and Policy in Risk Assessment of Transgenic Organism. Trieste, Italia

Del 27 al 31 de marzo de 2000

Informes: Dr. Giovanni Ferraiolo. ICGEB. Trieste, Italia.
Tel. (39040) 3757364 y (39040) 226555.
Correo e: ferraiolo@icgeb.trieste.it
Web: http://www.icgeb.trieste.it/biosafety/



SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL. MÉXICO

Segundo Congreso Mundial de Profesionales de la Agronomía. Ciudad de México

Del 11 al 15 de abril de 2000

Informes: Dr. César Turrent Fernández. Sagar.
Tel. y fax: (525) 5341961
Correo e: cooptec.dgpr@sagar.gob.mx

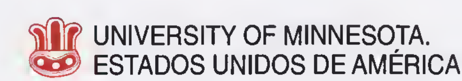


GRUPO DE AGRICULTURA ORGÁNICA-ACTAF. CUBA

IV Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica. La Habana, Cuba

Del 18 al 20 de mayo de 2000

Informes: Grupo de Agricultura Orgánica.
Tel: (537) 845387
Correo e: actaf@minag.gov.cu
Web: http://www.foodfirst.org



UNIVERSITY OF MINNESOTA. ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

27th International Conference on Animal Genetics. Minneapolis, Estrados Unidos de América

Del 22 al 26 de julio de 2000

Informes: University of Minnesota.
Tel: (612) 6243434, 1800-3808636
Fax: (612) 6255755.
Correo e: belge001@tc.umn.edu
Web: http://www.cvm.umn.edu/research/isag2000/home.htm

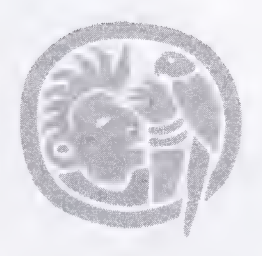


THE MILLENIUM WETLAND EVENT SECRETARIAT. CANADÁ

Millenium Wetland Event. Quebec, Canadá

Del 6 al 12 de agosto de 2000

Informes: Ms. Elizabeth MacKay. Millenium Wetland Event Secretariat.
Tel: (1418) 6573853
Fax: (1418) 6577934
Correo e: cqvb@cqvb.qc.ca
Web: http:// www.cqvb.qc.ca



COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD

La CONABIO es una comisión intersecretarial dedicada a coordinar y establecer un sistema de inventarios biológicos del país, promover proyectos de uso de los recursos naturales que conserven la diversidad biológica y difundir en los ámbitos nacional y regional el conocimiento sobre la riqueza biológica del país y sus formas de uso y aprovechamiento.

SECRETARIA TÉCNICA: Julia Carabias Lillo COORDINADOR NACIONAL: José Sarukhán Kermez
SECRETARIO EJECUTIVO: Jorge Soberón Mainero DIRECTOR DE SERVICIOS EXTERNOS: Hesiquio Benítez Díaz



COORDINADOR: Fulvio Eccardi ASISTENTE: Rosalba Becerra
CORREO E: biodiversitas@xolo.conabio.gob.mx
DISEÑO: Luis Almeida, Ricardo Real PRODUCCIÓN: BioGraphica Impresión: Offset Rebosán
Fernández Leal 43, Col. Barrio de la Concepción, Coyoacán, 04020 México, D.F.
Tel. 5422 3500, fax 5422 3531, http://www.conabio.gob.mx
Registro en trámite